

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-174426

(43)Date of publication of application : 20.06.2003

(51)Int.Cl.

H04J 11/00

(21)Application number : 2001-371338

(71)Applicant : JAPAN TELECOM CO LTD

(22)Date of filing : 05.12.2001

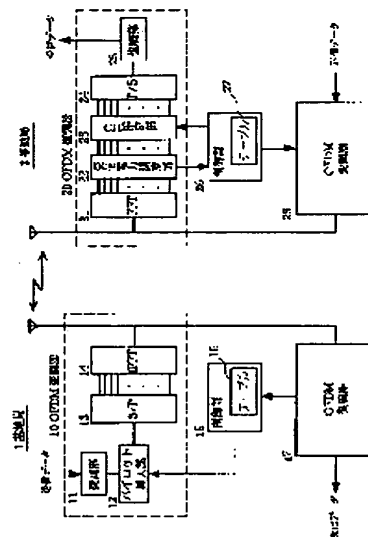
(72)Inventor : NAGATE ATSUSHI
MASUI ATSUYOSHI
FUJII TERUYA

(54) ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEX COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a data transmission efficiency and to reduce a bit error rate by adaptively controlling a pilot symbol inserting position.

SOLUTION: A mobile station 2 which receives an OFDM signal measures the reception powers of all sub-carriers. A control part 26 divides the whole sub-carriers into blocks constituted of continuous sub-carriers whose measured reception powers have a difference within a prescribed threshold, and determines the sub-carriers into which pilot symbols is to be inserted for each block unit, and notifies a base station 1 of the information of the sub-carriers. The base station 1 inserts the pilot symbols into the sub-carriers notified from a mobile station 2 by a pilot symbol inserting part 12, and transmits an OFDM signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51) IntCl. ⁷	P I	サーチコード(参考)
H 0 4 J 11/00	H 0 4 J 11/00	Z 5 K 0 2 2

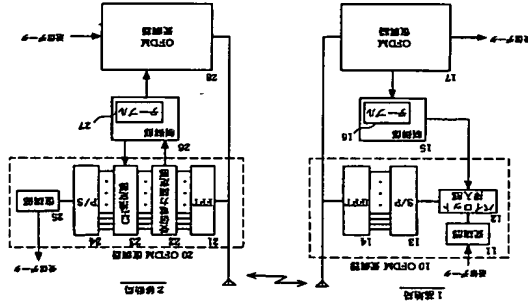
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2001-371338(P2001-371338)	(71) 出願人	502306880 日本テレコム株式会社 東京都中央区八丁堀四丁目7番1号
(22) 出願日	平成13年12月5日(2001.12.5)	(72) 発明者	長手 厚史 東京都中央区八丁堀四丁目7番1号 日本 テレコム株式会社内
		(72) 発明者	舩井 淳祥 東京都中央区八丁堀四丁目7番1号 日本 テレコム株式会社内
		(74) 代理人	100102635 弁理士 浅見 保男 (外4名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直交周波数分割多多重通信システム

(57) 【要約】
【課題】 バイロットシンボル挿入位置を適応的に制御することにより、データ伝送効率とビット誤り率を改善する。
【解決手段】 OFDM信号を受信する移動局2では、受信電力測定部23で全サブキャリアの受信電力を測定する。制御部26では、全サブキャリアを、測定した受信電力の差が所定のしきい値以内である連続するサブキャリアからなるブロックに分割し、各ブロック単位で、バイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定し、該サブキャリアの情報を基地局1に通知する。基地局1では、バイロットシンボル挿入部12において、移動局2から通知されたサブキャリアにバイロットシンボルを挿入してOFDM信号を送信する。



【特許請求の範囲】
【請求項1】 送信側装置から送信される複数のサブキャリアを受信側装置で受信する直交周波数分割多多重通信システムであって、

前記受信側装置は、受信した前記複数のサブキャリアそれぞれからの受信電力を測定手段と、該測定した各サブキャリアの受信電力に基づいてバイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定するサブキャリア選択手段と、該決定したバイロットシンボルを挿入するサブキャリアに関する情報を前記送信側装置に通知する手段とを有し、

前記送信側装置は、前記受信側装置から通知されたバイロットシンボルを挿入するサブキャリアに関する情報に基づいて対応するサブキャリアにバイロットシンボルを挿入して送信する手段を有することを特徴とする直交周波数分割多多重通信システム。

【請求項2】 前記サブキャリア選択手段は、前記複数のサブキャリアを、前記測定した受信電力の差が所定のしきい値以内であることを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該分割したブロック毎に前記バイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定することを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多多重通信システム。

【請求項3】 前記サブキャリア選択手段は、前記複数のサブキャリアを、前記測定した受信電力の差が所定のしきい値以内であり、かつ、前記測定した各サブキャリアの受信電力がその前後のサブキャリアと比較して極大値あるいは極小値とならないことを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該分割したブロック毎に前記バイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定することを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多多重通信システム。

【請求項4】 1つの前記ブロック内に含まれるサブキャリアの数の上限が定められていることを特徴とする請求項2あるいは3記載の直交周波数分割多多重通信システム。

【請求項5】 測定した受信電力が所定値以下であるサブキャリアを前記バイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして決定することを特徴とする請求項2あるいは3記載の直交周波数分割多多重通信システム。

【請求項6】 前記サブキャリア選択手段は、前記複数のサブキャリアを、前記測定した受信電力の差が所定のしきい値以内であることを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該各ブロックに含まれるサブキャリアの数の基についてサブキャリア数を求め、該求めたブロック内サブキャリア数ごとに全サブキャリアを再度一定間隔毎に分割したブロック毎に前記バイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定することを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多多重通信システム。

請求項1記載の直交周波数分割多多重通信システム。
【請求項7】 前記1または複数のブロックに含まれているサブキャリア数のうちの最小値を前記ブロック内サブキャリア数とすることを特徴とする請求項6記載の直交周波数分割多多重通信システム。

【請求項8】 前記1または複数のブロックに含まれているサブキャリア数の累積分布関数に基づいて前記ブロック内サブキャリア数を決定することを特徴とする請求項6記載の直交周波数分割多多重通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、直交周波数分割多多重通信システムに関し、特に移動体通信などのマルチパス環境に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、直交周波数分割多重 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 方式が高速、高品質の伝送方式として注目されており、これを移動体通信システムに適用することが検討されている。移動体通信システムなどのマルチパス環境を伝搬したOFDM信号は、周波数選択性フェージングの影響を受け、サブキャリア毎の位相回転量および受信電力が変動し、その変動特性は、伝搬路の環境によりさらに変化する。このため、一定の受信品質を保つためには、送信側で全サブキャリアに既知のバイロットシンボルを挿入し、受信側ではそれらを示して伝搬路によるフェージング特性を推定するいわゆるチャネル推定を行うことが考えられる。また、周波数相関を利用し、一定間隔のサブキャリア毎にバイロットシンボルを挿入し、バイロットシンボルの挿入されていないサブキャリアにおいては補間を用いてチャネル推定を行うことも検討されている (ARIB STD-B31 (1.1版))。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、全サブキャリアにバイロットシンボルを挿入する場合には、バイロットシンボルの分だけデータを送信することができないためにデータ伝送効率が低下してしまう。また、一定間隔のサブキャリアごとにバイロットシンボルを挿入する場合においても、周波数選択性フェージングの変動が緩やかな場合には、過剰にバイロットシンボルが挿入されていることとなるため、データ伝送効率の低下となる。逆に、周波数選択性フェージングの変動が激しい場合には、一定の間隔 (周波数間隔) でバイロットシンボルを挿入した場合には、周波数相関が低いために補間によるチャネル推定の精度が低下し、ビット誤りが生じやすくなる。特に、移動体通信の場合には、ユーザの移動により伝搬路環境が徐々に変動し、周波数選択性フェージングの変動特性も徐々に変動するため、バイロットシンボルを挿入するサブキャリアの間隔を固定にしたままでは、データ伝送効率が低下するケースが生じる。さら

サブキャリア数の最適値(ブロック内サブキャリア数)を算出し、各ブロックに含まれるサブキャリア数が算出したブロック内サブキャリア数となるように全サブキャリアを再度分割して、一定間隔ごとに再分割されたブロック毎にパイロットシンボルを挿入するようにしてもよい。これにより、受信側(移動局2)から送信側(基地局1)にパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの位置を示す情報として、ブロック内サブキャリア数の位置を通知するだけで済むため、通知する情報量を少なくすることができる。図4の(a)はこの様子を示す図であり、ブロック内サブキャリア数を3として再度3サブキャリア毎にブロック分割をした場合を示している。ここで、前記ブロック内サブキャリア数の算出方法として、(1)ΔEにより分割した各ブロックに含まれるサブキャリア数のうちの最小値をブロック内サブキャリア数とする方法、(2)ΔEにその発生確率を求め、その累積分布関数の値が所定の値(例えば、60%)となるサブキャリア数をサブキャリア数の最適値とする方法、および、(3)ΔEにより分割した各ブロックに含まれるサブキャリア数の最大値あるいは平均値をブロック内サブキャリア数とする方法などがある。

[0014] また、受信電力値が小さい場合には受信電力の変動により位相回転量が急激に変動することになり、位相情報を利用する変調方式を採用しているときには補間によるチャネル推定の精度が低下し、ビット誤りが発生しやすい。そこで、受信電力値が予め定められた所定値(ΔPL)よりも低いサブキャリアについてはパイロットシンボルを挿入することとする。図4の(b)は、このように、受信電力が低いサブキャリアについてパイロットシンボルを挿入するようにした実施の形態の一例である。この図に示すように、受信電力値が所定の値ΔPLよりも小さいサブキャリア(図示する例では、SC8、SC9、SC10、SC11)については、無条件にパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして、SC7およびSC12～SC16、…をエリアと呼ぶこととする。そして、各エリアについて、前述と同様に予め定められた所定値ΔEの範囲にある連続するサブキャリアをブロック化する。また、エリアの端部に属するサブキャリアについてはパイロットシンボルを挿入することとする。この結果、図中斜線で示したサブキャリアがパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択される。この実施の形態によれば、受信電力が小さいサブキャリアにパイロットシンボルが挿入されるため、受信電力が小さいサブキャリアについても正確なチャネル推定が可能となり、ビット誤りの発生を防止することができる。

[0015] また、前述のように、受信電力の差ΔEを基準にブロック分けした場合には、図4の(c)に示す

ように連続する多くのサブチャネルの受信電力の差がΔEの範囲内にあるときに、1ブロックに含まれるサブキャリアの数が増加することとなる。このような場合に、1ブロック内の位相変動が180°を超えたと誤った補間が行われることとなる。そこで、予め1ブロックに含まれるサブキャリア数の最大値(ΔMB)を定めおき、該ΔMB毎にパイロットシンボルを挿入する。図4の(c)に示した例はΔMB=8とされている場合を示しており、サブキャリアSC9にパイロットシンボルが挿入されている。この実施の形態によれば、受信電力の変動が少く位相回転量の急激な変化が急激な場合であっても、ビット誤りの発生を防止することが可能となる。

[0016] 次に、振幅情報も利用する変調方式(16QAMや64QAM)などを採用した場合に、受信信号の実数の形態について説明する。この場合には、受信信号電力が送信データによって変動するため、より正確な補間を行うことが求められる。前述のように、受信電力値が所定の値ΔEの範囲内にあることを条件としてブロック分割した場合には、1つのブロック内で受信電力が同位相軸上で最大値あるいは最小値となることがある。例えば、前記図3の(b)において、ブロック#3内で言えば、前記図3(c)の受信電力が最小値となっている。このような場合に、パイロットシンボルが挿入されているサブキャリアSC9とSC13のチャネル推定結果を補間することによりSC10～SC12のチャネル推定を行なうと、振幅情報を利用する変調方式による受信信号に対してビット誤りが発生させることとなる場合がある。そこで、この実施の形態では、サブキャリアの受信電力が同位相軸上で最大値あるいは最小値となるサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択するようにしている。例えば、図5の(a)に示す例では、端部に位置するサブキャリアSC1と受信電力が最小値となるサブキャリアSC11がパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択されるようにする。すなわち、この実施の形態では、複数のサブキャリアを、受信電力の差が所定のしきい値ΔEを超えず、かつ、その前後のサブキャリアと比較して受信電力値が最大値あるいは最小値を含まないことを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該ブロック毎にパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを選択する。図5の(b)に示す例では、まず、最もサブキャリア番号の小さいサブキャリアSC1を基準とし、受信電力の差が所定のしきい値ΔEを超えないサブキャリアSC5までの間に受信電力値が最大値あるいは最小値をとるサブキャリアがないため、SC1～SC5をブロック#1とする。次に、サブキャリアSC6を基準とし、同様に受信電力の差がΔE以内であるサブキャリアSC8までをブロック#2とする。次に、サブキャリアSC9を基準とし、受信電力の差がΔE以内であるサブキャリアHはS

C12までとなるが、サブキャリアSC11はその受信電力値が最小値となっているため、受信電力値が最大値あるいは最小値をとらないサブキャリアSC10までをブロック#3とする。次に、サブキャリアSC11を基準とし、以下同様にして、サブキャリアSC11～SC12をブロック#4、サブキャリアSC13～SC14をブロック#5とする。そして、このようにして分割された各ブロックからパイロットシンボルを挿入して送信するサブキャリアを選択する。なお、ここで、前記図4の(a)～(c)に示した手法を用いてもよい。このように、この実施の形態によれば、サブキャリアの受信電力が極値となるサブキャリアにパイロットシンボルを挿入するようになっているため、少なくとも折れ線で近似することが可能となり、振幅情報を利用する変調方式を採用した場合に、ビット誤りが発生することを防止することができる。

[0017] 次に、このようなパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定する処理の流れについて、図6と図7を参照して説明する。前記図節26中に、予め、前記受信電力の差のしきい値ΔE、前記受信電力の最大値ΔMBを決定しておく。まず、前記受信電力測定部22において全サブキャリアの受信電力P[x] (xはサブキャリア番号)を測定する(S1)。そして、受信電力がΔPLより小さい(P[x] < ΔPL)サブキャリアxをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択し、その番号xを前記振幅情報管理テーブル27に書き込む(S2)。これにより、前記図4の(b)に示したエリア(各エリアの先頭および最後尾のサブキャリア番号)が決定され(S3)。各エリアについて、エリアごとにパイロットシンボルを挿入するサブキャリアが決定される(S4、S5)。

[0018] 図7は、各エリア毎に行われるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの選択処理の流れを示す図である。まず、処理対象のサブキャリア番号xをそのエリアの先頭サブキャリアの番号に設定し(S1)。そのサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択してその番号を前記振幅情報管理テーブル27に書き込む(S12)。次に、その先頭サブキャリアの受信電力値P[x]を基準サブキャリア電力値Pcとし、1ブロック内に含まれるサブキャリア数を数えるカウンタCBに1をセットする(S13)。そして、サブキャリア番号xを1だけインクリメントし、連続するサブキャリアを処理対象とするとともに、前記カウンタCBを1だけインクリメントする(S14)。そして、そのサブキャリアが今処理しているエリアの最後尾のサブキャリアであるか否かを判定(S15)。最後尾のサブキャリアである場合にはそのサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択して前記振幅管理テーブル27に書き込む

(S18)。このエリアの処理を終了する。最後尾のサブキャリアでないときは、ステップS16に進み、ブロック内に含まれるサブキャリア数を計算するカウンタCBの計数値が前記ブロック内サブキャリア数の最大値ΔMBを超えていないか否かを判定する。超えているときは、ステップS12に戻り、そのサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアに選択して、S13以降の処理を繰り返す。超えていないときは、ステップS17に進み、現在処理対象となっているサブキャリアの受信電力値P[x]と基準サブキャリア受信電力値Pcとの差の絶対値が前記基準となるしきい値ΔEを超えていないか否か、すなわち、P[x]がその前後の受信電力値P[x-1]、P[x+1]よりも大きいあるいは小さいか否かを判定し、いずれかであるときは、前記ステップS12に戻り、そのサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択し、前記ステップS13以降の処理を行う。また、上記条件のいずれでもないときは、前記ステップS14に戻り、次のサブキャリアについて処理を行う。

[0019] 前述のように、このようにしてパイロットシンボルを挿入すべきサブキャリアの番号が前記振幅管理テーブル27に記憶され、この記憶内容は、制御チャネルなどを介して前記移動局2から前記基地局1に送信される。基地局1においてOFDM復調器17で復調された前記振幅管理テーブル27の情報(パイロットシンボルを挿入するサブキャリアを指定する情報)は、基地局側部15の制御情報管理テーブル16に書き込まれ、パイロットシンボル挿入部12に供給されて、指定されたサブキャリアにパイロットシンボルが挿入されて送信されることとなる。

[0020] なお、移動局側部26の上記した処理は、フレームごとに行ってもよいし、あるいは、所定期間ごと(所定フレーム数ごと)に行ってもよい。また、上記においては、サブキャリア番号の昇順にブロック分けなどの処理を行っていたが、これに限られることなく、降順に処理を行ってもよい。さらに、上記において、分割されたブロック内の先頭に位置するサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択していたが、これに限られることなくブロック内のどのサブキャリアを選択するかは適宜決定することができ、さらにまた、前記図6、図7に示した例は、前記図4の(a)に示したブロック内サブキャリア数によりブロックの再分割を行うものではなく、ブロックの再分割を行う処理に変更することは容易である。さらにまた、上述においては、基地局1が送信側装置、移動局2が受信側装置である場合を例に挙げて説明したが、これに限られることなく、その逆の場合等であってもよい。

(7)

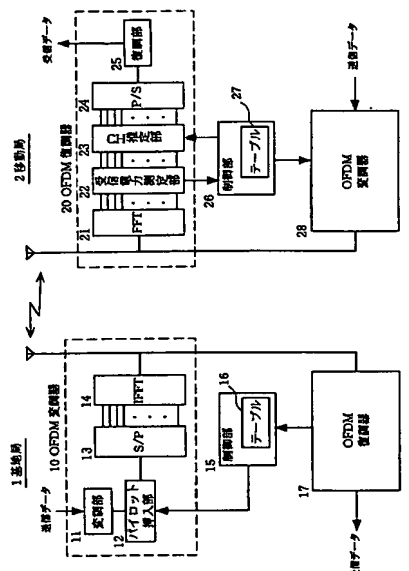
【発明の効果】以上説明したように、本発明の直交周波数分割多重通信システムによれば、伝搬路環境の変化に応じて柔軟にパイロットシンボルの挿入位置を決定することができ、固定的にパイロットシンボルを挿入する場合に比較して、データ伝送効率とビット誤り率の面で改善を図ることができる。特に、ユーザの移動により伝搬路環境が徐々に変化する移動体通信において、より多くの効果を期待することができる。すなわち、周波数相関性フェージングの変動が緩やかな場合には、周波数相関性が高いことを利用してパイロットシンボル挿入間隔を大きくすることができ、データ伝送効率を高めることができる。一方、周波数相関性フェージングの変動が激しい場合には、周波数相関性が低いためにパイロットシンボルの挿入間隔が小さくなり、ビット誤り率を小さくすることができ、また、サブキャリアの受信電力が周波数軸上で極値となっている場合に、そのサブキャリアにパイロットシンボルを挿入するようにした本発明によれば、振幅を利用した変調方式の場合においても、チャネル推定の精度を向上させることができる。さらに、ブロックに含まれるサブキャリア数の最大値を定めた本発明によれば、位相回転が急激な場合においても補間することによるチャネル推定精度の低下を防止することができる。さらにまた、受信電力の小さいサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択する本発明によれば、低受信電力による急激な位相回転量の変動の発生時も補間によるチャネル推定の精度の落ち込みを防止することが可能となる。さらにまた、受信電力の差により分割したブロックに含まれるサブキャリア数に基づいて求めたブロック内サブキャリア数により再度一定間隔ごとに分割したブロック毎にパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定する本発明によれば、受信側装置から送信側装置に通知するパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの位置に関する情報の情報量を少なくすることが可能となる。

【図面の簡単な説明】
【図1】 本発明の直交周波数分割多重通信システムにおける一実施形態の要部構成を示すブロック図であ

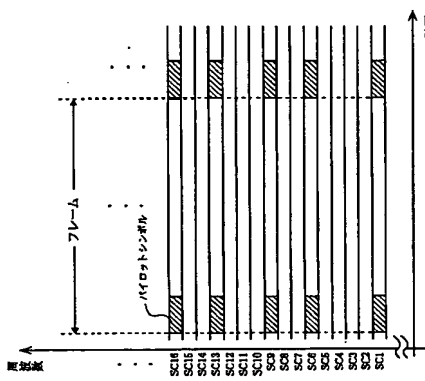
る。
【図2】 本発明によるOFDM信号の例を示す図である。
【図3】 本発明によるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの選択方法を説明するための図である。
【図4】 本発明によるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの選択方法を説明するための図である。
【図5】 振幅情報を利用する変調方式に好適なパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの選択方法について説明するための図である。
【図6】 本発明によるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを選択するためのパイロットシンボルの流れを示すフローチャートである。
【図7】 本発明によるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを選択するためにエリア毎に実行される処理の流れを示すフローチャートである。

- 【符号の説明】
- 1 基地局
 - 10 OFDM変調器
 - 11 変調部
 - 12 パイロットシンボル挿入部
 - 13 直列/並列変換器
 - 14 IFFT部
 - 15 制御部
 - 16 情報管理テーブル
 - 17 OFDM復調器
 - 2 移動局
 - 20 OFDM復調器
 - 21 FFT部
 - 22 受信電力測定部
 - 23 チャネル推定部
 - 24 並列/直列変換器
 - 25 復調部
 - 26 制御部
 - 27 情報管理テーブル
 - 28 OFDM変調器

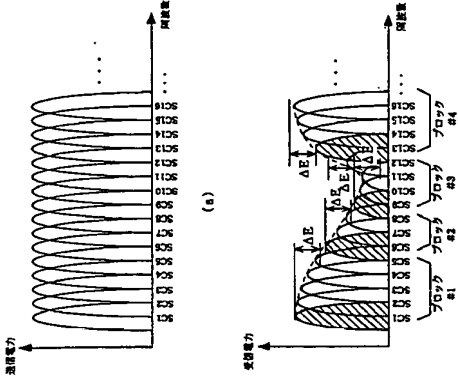
【図1】



【図2】



【図3】

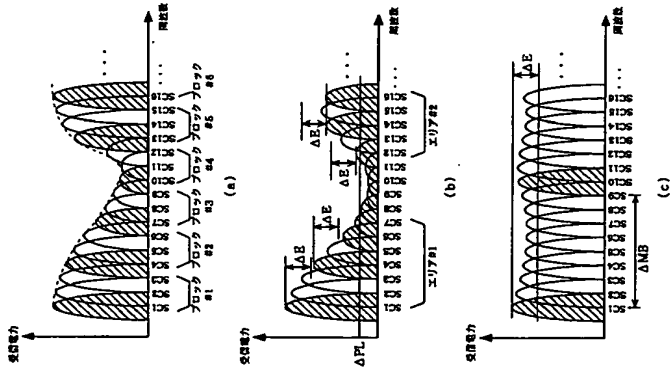


(b)

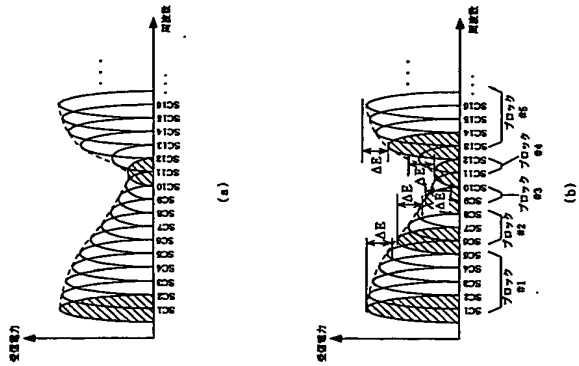
(8)

(7)

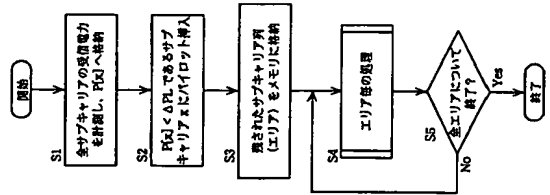
【図4】



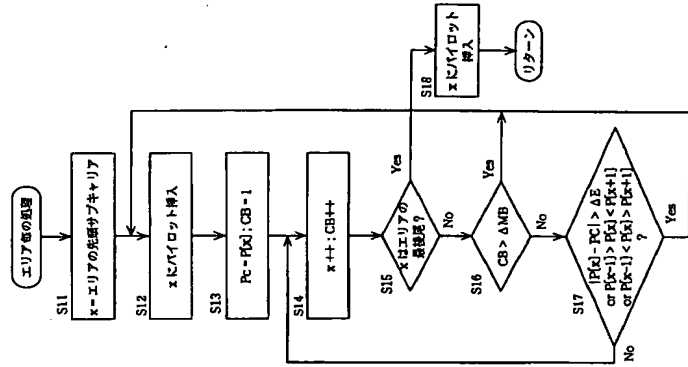
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 藤井 理也
東京都中央区八丁堀四丁目7番1号 日本
テレコム株式会社内

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD18 DD22 DD23
DD32 DD33



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)